

INTRODUCTION A LA CHIMIE ORGANIQUE
ETUDE DES HYDROCARBURES

CHIMIE NIVEAU 1ERE S

I - PREMIERE APPROCHE

Etude de l'activité « Remise en cause de la force vitale »

Réponses :

- 1- Une espèce organique est formé essentiellement de carbone, d'oxygène et d'hydrogène. En brûlant dans le dioxygène, elle produit du dioxyde de carbone et de l'eau. Les autres sont des espèces inorganiques.
- 2- Lors d'une extraction, l'espèce chimique à extraire existe avant l'intervention du chimiste. Lors d'une synthèse, l'espèce chimique attendue est créée par réorganisation des atomes des réactifs. Le texte cite la synthèse de l'urée et l'extraction de la morphine.
- 3- La préparation de l'espèce chimique inorganique acide sulfurique ne fait intervenir que des espèces chimiques inorganiques.
La préparation de l'espèce chimique organique éthylène fait intervenir une espèce chimique organique, l'éthanol C_2H_6O , elle-même produite par fermentation de jus de fruit. La croyance en la force vitale se trouve confortée : la fabrication de l'éthylène nécessite indirectement la force vitale présente dans le fruit.
La photosynthèse du glucose est effectuée par les plantes, organismes vivants supposés doués de la force vitale.
- 4- Le texte indique que l'espèce chimique organique urée CH_4N_2O a été préparée à partir d'espèces chimiques inorganiques par Wöhler, ce qui va à l'encontre de la nécessité d'une force vitale.

5-

1831	Chloroforme	Utilisé dans le passé comme anesthésique, puis remplacé à cause de sa toxicité.
1853	Aspirine	Médicament le plus utilisé dans le monde.
1863	Acétylène	Molécule de base en synthèse organique. Utilisée aussi pour produire une flamme très chaude dans les chalumeaux.
1865	Celluloïd	A remplacé l'ivoire pour fabriquer les boules de billard, puis a permis de fabriquer les films cinématographiques.
1866	Dynamite	Explosif
1879	Caoutchouc	Remplace le caoutchouc naturel, extrait de l'hévéa.
1921	Insuline	Médicament utilisé dans le traitement du diabète.
1928	Pénicilline	Premier antibiotique
1935	Nylon	Fibre synthétique, et matériau résistant à l'usure.
1937	Cortisone	Hormone extraite du cortex surrénal. Utilisée comme médicament anti-inflammatoire.
1938	Téflon	Matériau dont la résistance chimique est exceptionnelle.
1942	Cuir synthétique	Remplace le cuir naturel fait à partir peaux d'animaux.

Questions supplémentaires :

1- Quels sont les types d'atomes qui constituent principalement les molécules organiques ?

Les atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

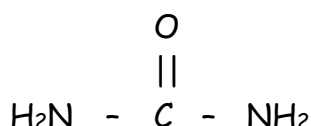
2- Rappelez : la règle du duet et de l'octet ; la définition d'une liaison covalente et la représentation de Lewis.

- règle du duet et de l'octet : Chaque atome cherche à avoir sa couche externe remplie (à 2é pour les atomes de H et He ; à 8é pour les autres)

- liaison covalente : mise en commun de 2é appartenant à 2 atomes différents.

représentation de Lewis : représentation d'une molécule en précisant les doublets liants et non liants de chaque atome.

3- Voici la formule de l'urée :



- Quels types de liaisons rencontre-t-on dans cette molécule ?

Deux liaisons simples et une doubles.

- Compléter la représentation de Lewis de cette molécule en mentionnant les doublets libres.

Nombre total de doublets : $(2 \times 5 + 4 \times 1 + 6 + 4) / 2 = 12$ dont 8 liaisons covalentes. Il reste donc 4 doublets non liants.

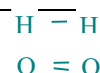


- Donner la formule brute de l'urée.

$\text{CN}_2\text{H}_4\text{O}$

4- En faisant appel aux représentations de Lewis des molécules, compléter le tableau suivant :

Atome	Nom de la molécule	Formule brute	Structure électronique des atomes	Dénombrement des doublets			Formule de Lewis
				total	liants	non liants	
Carbone	Méthane	CH_4	$\text{C} : (\text{K})^2 (\text{L})^4$ $\text{H} : (\text{K})^1$	4	$\text{C}(4)$ $\text{H}(1)$	0	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$



Hydrogène	Dihydrogène	H ₂	H : (K) ¹	1	H(1)	0	
Oxygène	Dioxygène	O ₂	O : (K) ² (L) ⁶	6	O(2)	4	
Azote	Ammoniac	NH ₃	N : (K) ² (L) ⁵ H : (K) ¹	4	N(3) H(1)	1	
Chlore	Dichlore	Cl ₂	Cl : (K) ² (L) ⁸ (M) ⁷	7	Cl(1)	6	

Conclusion :

La chimie organique est la chimie des composés du carbone, que ceux-ci soient naturels ou de synthèse.

Les espèces chimiques organiques utilisées par l'homme proviennent toutes, par diverses voies, de la photosynthèse. (L'énergie du soleil joue un rôle déterminant pour transformer le dioxyde de carbone et l'eau de l'atmosphère).

II - L'ATOME DE CARBONE

La chimie organique doit son importance à la propriété qu'a l'atome de carbone de former des enchaînements avec lui même.

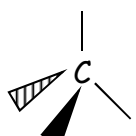
1- Nombre de liaisons covalentes

C : Z = 6

Structure électronique : (K)²(L)⁴

Sa couche externe comporte 4e. D'après la règle de l'octet, l'atome de carbone va saturer sa couche externe à 8e et ainsi s'entourer de 4 doublets liants.

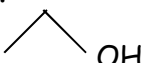
2- Les différentes liaisons formées par l'atome de carbone



Liaisons autour de l'atome de C	Formule de Lewis autour de l'atome de C	Géométrie dans l'espace	Exemple de molécule
4 liaisons simples	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array}$	molécule tétraédrique : 	le méthane $\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$
2 liaisons simples et 1 liaison double	$\begin{array}{c} \diagup \\ C= \\ \diagdown \end{array}$	molécule plane : $\begin{array}{c} \diagup \\ C= \\ \diagdown \end{array}$	Le méthanal $\begin{array}{c} H \\ \\ H-C=O \\ \\ H \end{array}$
	$-C\equiv$	molécule linéaire : $-C\equiv$	L'acétylène $H-C\equiv C-H$

1 liaison simple et 1 liaison triple			
2 liaisons doubles	$=C=$	molécule linéaire : $=C=$	Le dioxyde de carbone $O=C=O$

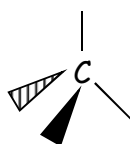
3- Différentes représentations d'une molécule contenant l'atome de C

- **Formule brute** : elle indique le type et le nombre d'atomes contenus dans la molécule.
Exemple : CH_4 , C_2H_6O
- **Formule semi-développée** : elle fait apparaître le type d'atomes et les liaisons covalentes entre ces atomes (sauf celles avec H).
Exemple : $CH_3 - CH_2 - OH$
- **Formule topologique** : La chaîne carbonée est représentée par une ligne brisée portant éventuellement des ramifications. Seuls les atomes de Carbone et d'hydrogène ne sont pas représentés.

Exemple : 

- **Formule de Cram** : Représente une molécule tridimensionnelle sur une feuille de papier.
 — représente une liaison située dans le plan de la feuille.
 représente une liaison située en avant du plan de la feuille.
 représente une liaison située en arrière du plan de la feuille.

Exemple : méthane



III - ETUDE D'HYDROCARBURES

Un hydrocarbure est un composé organique constitué des éléments carbone et hydrogène.

1 - Les alcanes

Les alcanes et les cycloalcanes sont des hydrocarbures ne comportant que des **liaisons simples carbone-carbone** (C - C).

a) Formule brute

La formule brute indique les nombres d'atomes de carbone et d'hydrogène contenu dans l'hydrocarbure.

Pour les alcanes, la formule brute générale est C_nH_{2n+2} .

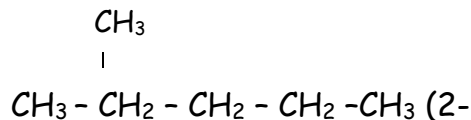
Exemples : CH_4 (méthane)

C_6H_{14} (hexane)

b) Formule semi-développée

La formule semi-développée montre les liaisons entre les carbones. Elle permet de voir l'agencement des **groupes fonctionnels**.

Exemples : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (butane)



Remarque : Le butane est un alcane à **chaîne linéaire**. Le 2-méthylpentane est un alcane à **chaîne ramifiée**.

c) Nomenclature des alcanes linéaires

Le nom d'un alcane linéaire est composé d'un **préfixe indiquant le nombre de carbone** suivi de la **terminaison « -ane »** ; sauf pour les alcanes contenant 1, 2, 3 et 4 carbones.

Exemples : CH_4 méthane

C_2H_6 éthane

C_3H_8 propane

C_4H_{10} butane

C_5H_{12} pentane

C_6H_{14} hexane

C_7H_{16} heptane

C_8H_{18} octane

C_9H_{20} nonane

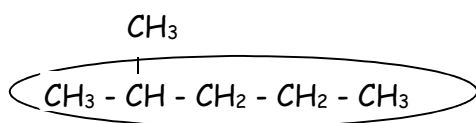
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ décane

$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ undécane

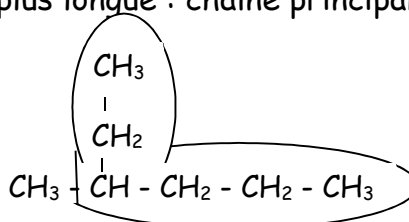
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ dodécane

d) Nomenclature des alcanes ramifiés

règle 1 : Chercher la chaîne carbonée linéaire la plus longue : chaîne principale. Trouver le nom de cette chaîne.

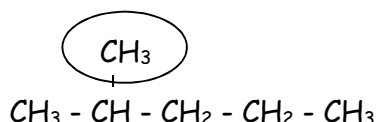


Chaîne la plus longue contient 5 C : pentane



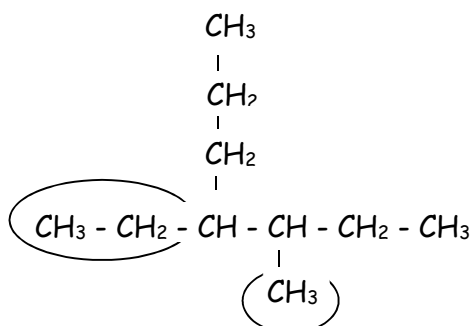
Chaîne la plus longue contient 6 C : hexane

règle 2 : repérer les groupes fonctionnels ou groupes alkyles. Ces groupes portent des noms composés du préfixe indiquant le nombre d'atomes de carbone (comme pour les alcanes linéaires) suivi de la terminaison « -yl ».

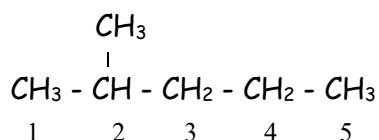


Chaîne la plus longue : pentane

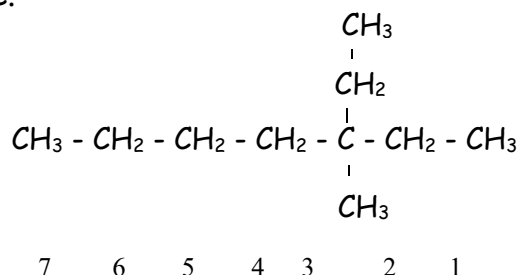
1 groupe méthyl (groupe à 1 carbone)



règle 3 : numéroter la chaîne principale de telle façon que le premier carbone portant un groupe alkyle ait le plus petit numéro possible.

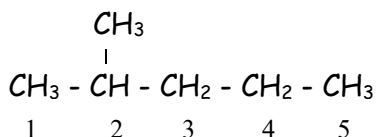


Chaîne la plus longue : pentane
1 groupe méthyl

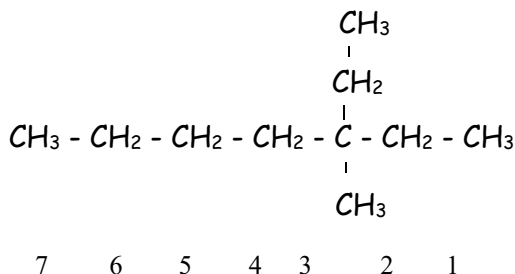


Chaîne la plus longue contient 7 C : heptane
1 groupe méthyl
1 groupe éthyl

règle 4 : Citer les groupes alkyles dans l'ordre alphabétique suivi du nom de la chaîne principale. Citer devant chaque groupe alkyle le numéro du carbone de la chaîne principale sur lequel ce groupe alkyle est placé.

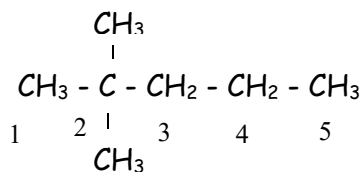


2 - méthylpentane

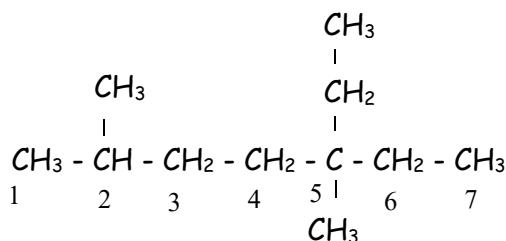


2 - éthyl - 2 méthylheptane

règle 5 : S'il y a plusieurs groupes alkyles identiques, ne répéter pas ce groupe plusieurs fois ; placer les préfixe di, tri tétra, devant le nom du groupe alkyle.



2, 2 - diméthylpentane



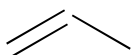
5 - éthyl - 2, 5 - diméthylheptane

Remarque : On nomme les cycloalcanes à partir de la nomenclature des alcanes en utilisant la préfixe cyclo.

2- Les alcènes

Les alcènes sont des hydrocarbures **insaturé** comportant au moins **une liaison double carbone-carbone** ($\text{C} = \text{C}$).

Ex : $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$



a) Formule brute

Pour les alcènes, la formule brute générale est C_nH_{2n} .

Exemples : C_2H_4 (éthylène)

C_6H_{12} (hexène)

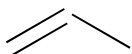
b) Nomenclature

Le principe est quasiment le même que pour les alcanes.

Différences :

- La terminaison -ane de l'alcane est remplacé par la terminaison «- ène ».

Ex : $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$

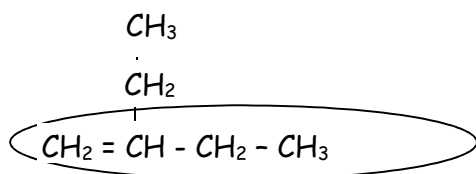


propène

$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$: éthène plus couramment appelé éthylène

- La chaîne principale doit contenir la double liaison.

Ex :



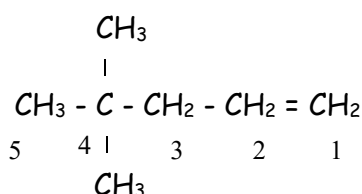
Chaîne principale n'est pas la + longue : butène

- La place de la double liaison doit être indiquée dans le nom de la chaîne principale. La numérotation de la chaîne principale ne dépend que de la double liaison : le 1^{er} carbone qui porte la double liaison doit avoir le plus petit numéro possible.

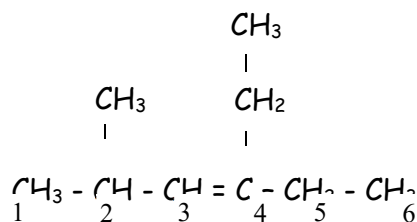
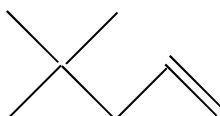
Ex : $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ but-2-ène

4 3 2 1

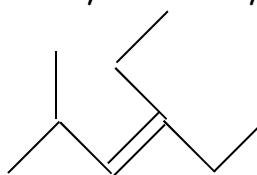
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$ but-1-ène



4,4 - diméthylpent-1-ène

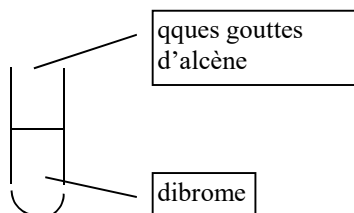


4 - éthyl - 2 - méthylhex-3-ène

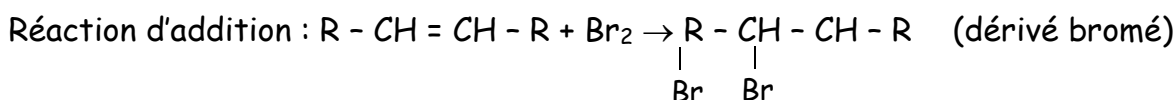


c) Test de la présence d'un alcène

Test :



Observation : La solution aqueuse de dibrome initialement jaune-orangé se décolore.



3- Isomérisation

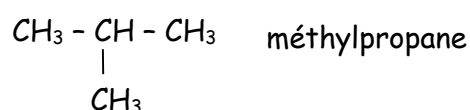
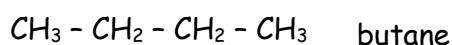
a) L'isomérisation de constitution

Deux isomères de constitution ont même formule brute mais l'enchaînement des atomes et la nature des liaisons sont différents (leurs formules semi-développées sont différentes).

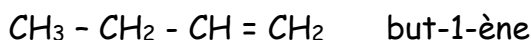
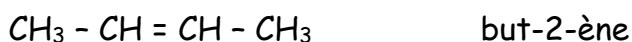
Il existe différents isomères de constitution.

- Les isomères de chaîne ou de squelette : Ce sont des isomères de constitution dont l'enchaînement des atomes de carbone est différent.

Exemple : isomères de chaîne du butane C_4H_{10}



- Les isomères de position : Ce sont des isomères de constitution dont la position de la double liaison varie.



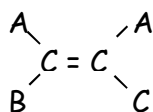
Transition : Il n'y a pas de rotation autour de la double liaison ; cela induit une autre isomérisation.

b) La stéréoisomérisation Z-E

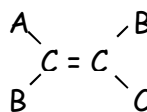
Des stéréoisomères sont des composés ayant même formule brute mais des formules spatiales différentes.

La stéréoisomérisation Z, E nécessite **une double liaison**.

Z vient de Zusammen : ensemble

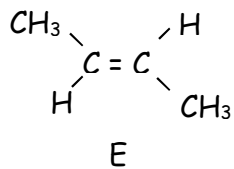
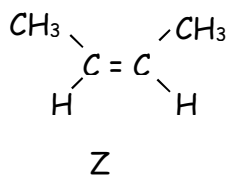


E vient de Entgegen : contre

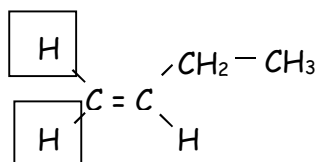


Le passage d'un stéréoisomère Z à un stéréoisomère E nécessite la rupture de la liaison : il n'y a pas de rotation autour d'une liaison double.

Exemples : stéréoisomères Z et E du but-2-ène



Le but-1-ène présente-t-il une isomérisation Z-E ? non car 2 H du même côté de la double liaison.



Exercice de stéréoisométrie :

1) Dans chacun des cas suivants, représenter la formule semi-développée et la formule topologique :

3- méthylhex-2-ène ; 4-éthyl-3,6-diméthylhept-3-ène ; 2,3 diméthylpent-2-ène ;

2) Ces composés possèdent-ils des stéréoisomères Z et E ? Si oui, les représenter.

IV - UTILISATION DES HYDROCARBURES

1- Propriétés physiques des hydrocarbures

ACTIVITE : INFLUENCE DE LA CHAÎNE CARBONNÉE SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Tableau de données physico-chimiques

n	Tableau a (Alcane linéaire)			Etat	Tableau b	
	Nom	$\theta_{\text{ébullition}}(^{\circ}\text{C})$ à 1,013 bar	densité par rapport à l'air ou à l'eau		Nom	$\theta_{\text{ébullition}}(^{\circ}\text{C})$ à 1,013 bar
1	Méthane	-161,7	0,554	Gaz	Pentane	36
2	Ethane	-88,6	1,038	Gaz	2-méthylbutane	25
3	Propane	-42,1	1,522	Gaz	2,2-diméthylpropane	9
4	Butane	-0,5	2,006	Gaz		
5	Pentane	36,1	0,626	Liquide		
6	Hexane	68,7	0,660	Liquide		
7	Heptane	98,4		Liquide		
8	Octane	125,7		Liquide		
9	Nonane	150,8		Liquide		
10	Décane	174,0		Liquide		

Questions

1) Indiquer dans le tableau l'état des différents composés du tableau à pression normale et température ordinaire ($P = 1,013 \text{ bar}$ et $T = 20^{\circ}\text{C}$).

2) La longueur de la chaîne carbonée des alcanes linéaire a-t-elle une influence sur la température d'ébullition ? Si oui, laquelle ?

Oui, plus la chaîne carbonée est longue plus la température d'ébullition est élevée.

3) a) Donner les formules semi-développées et les formules brutes des alcanes du tableau b.

b) Quelle est l'influence de la ramification sur la température d'ébullition des alcanes ?

A formule brute identique, plus un alcane est ramifié, plus la température d'ébullition est petite.

4) Définir la densité d'une espèce par rapport à l'eau et par rapport à l'air. La longueur de la chaîne carbonée des alcanes linéaires a-t-elle une influence sur leur densité ? Si oui, laquelle ? (séparer les alcanes gazeux et liquide)

densité d'un liquide ou d'un solide : $d = (\text{masse volumique du corps})/(\text{masse volumique de l'eau})$

densité d'un gaz : $d = (\text{masse volumique du corps})/(\text{masse volumique de l'air})$

Pour les alcanes liquides, plus la chaîne carbonée est longue, plus la densité est élevée.

Pour les alcanes gazeux, même chose.

5) En comparant les densités de l'eau et des alcanes, que peut-on dire de la solubilité des alcanes dans l'eau ?

Les densités étant différentes, les alcanes ne sont pas solubles dans l'eau.

2- Utilisation des hydrocarbures dans la pétrochimie

Etude d'une vidéo « du pétrole aux matières plastiques ». (« C'est pas sorcier : le plastique ça emballe »)

Questions :

1) En 1910, quelle matière a été remplacée par le plastique ?

La celluloid : matière provenant des animaux.

2) Quel est le nom du premier plastique synthétisé ? La bakélite.

3) Le nylon est-il un plastique ? Oui.

4) a- Quelle matière première permet la fabrication des plastiques ? Le pétrole.

b- Quel pourcentage de cette matière première est utilisée pour fabriquer les plastiques ? 80%.

5) Quel type de molécules trouve-t-on dans cette matière première ? les hydrocarbures.

6) Quelle est l'utilité de la distillation des pétroles ? séparer les différents hydrocarbures.

7) Quelle est la hauteur d'une tour de distillation. 80 m.

8) A quelle température chauffe-t-on les pétroles ? 385°C.

9) Quels phénomènes physiques ont lieu dans la tour de distillation ? Les hydrocarbures s'élèvent sous forme de vapeur dans la tour de distillation. Lorsque l'on monte dans la tour la température baisse et les hydrocarbures se condensent à différents niveaux selon leur température d'ébullition.

10) Combien d'atomes de carbone trouve-t-on dans les hydrocarbures formant le Naphta nécessaire à la fabrication des plastiques ? de 6 à 11 carbones.

11) a- Dans quel intervalle de température récupère-t-on du Naphta ? entre 30 et 180°C.

b- Où se situe la coupe de Naphta récupérée dans la tour de distillation ? en haut de la tour.

12) A d'autres températures, quels types de produits peut-on récupérer ? Donner leur utilisation.

13) Le Naphta n'est pas utilisable directement pour la fabrication des plastiques.

a- Donner le nom de l'opération suivante. Le vapocraquage.

b- En quoi consiste-t-elle ? Le vapocraquage modifie le squelette carboné des hydrocarbures par projections de vapeur d'eau à 850°C pour produire des hydrocarbures insaturés (une simple liaison se transforme en double liaison par déshydrogénation).

c- Quel type de produits obtient-on ? Donner des exemples. Les monomères comme l'éthylène ou le propylène.

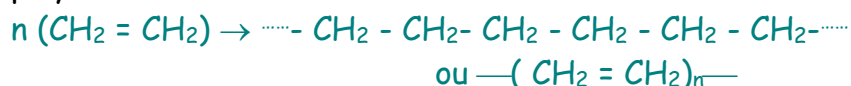
14) Combien de « mains » un atome de carbone possède-t-il d'après Jamy ? Qu'entend-il par « mains » ? 4 liaisons covalentes.

15) Quel type de liaison doit comporter une espèce chimique susceptible d'être polymérisée ? une double liaison.

16) a- Expliquez l'étape de polymérisation de l'éthylène. La double liaison des éthylènes se casse et une liaison entre deux monomères se crée : une longue chaîne de monomères se crée.

b- Quel est le nom du produit obtenu ? le polyéthylène qui est un polymère.

d- Essayer d'écrire l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu lors de la polymérisation.



d- Donner des exemples de polymères et leur utilité. Polystyrène (matériau d'isolation , gobelets ...) ; PVC (canalisation d'eau, câbles électriques...) ; polypropène (film plastique, objets moulés...).

3- Transformation des squelettes carbonés

ACTIVITE : TRANSFORMATION DES SQUELETTES CARBONES

- LE CRAQUAGE :

Définition : Des liaisons covalentes C-C sont brisés pour former des alcanes plus courts sous l'action de la chaleur (ou chaleur + catalyseur).

Questions : Soient les réactions de craquage suivantes :

2-méthylpentane \rightarrow propane + propène

Cyclooctane \rightarrow but-1-ène + but-1-ène

1) Ecrire les réactions avec les formules semi-développée.

2) Quelle est la liaisons C-C qui doit se rompre dans chacun des cas ?

- LE REFORMAGE CATALYTIQUE :

Définition : Sous l'action de la chaleur et d'un catalyseur, un alcane linéaire peut se réarranger en un isomère à chaîne ramifiée, un alcane cyclique ou des cycles aromatiques.

Questions : Quel composé non cyclique obtient-on à partir du reformage catalytique du pentane ?

- LA POLYADDITION :

Définition : Les alcènes issus du craquage sont assemblés entre eux pour former des

..... C'est une

L'alcène de départ est appelé

Question :

Remplir le tableau suivant :

Nom du monomère	Formule du monomère	Polymère	Nom du polymère	Utilisation du polymère
Tétrafluoroéthylène	$\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$			Revêtement de poêle...
Ethylène				Film plastique, emballage...
Propène				Mobilier de jardin ...
Styrène	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$			Gobelet transparent, matériau d'isolation...

Chlorure de vinyle	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Cl}$			Canalisation d'eau, câble électrique...
--------------------	--	--	--	--

ACTIVITE : INTRODUCTION A LA CHIMIE ORGANIQUE

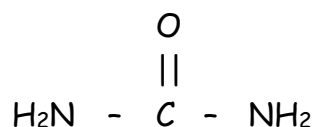
Etude de l'activité « Remise en cause de la force vitale »

Questions supplémentaires :

1- Quels sont les types d'atomes qui constituent principalement les molécules organiques ?

2- Rappelez : la règle du duet et de l'octet ; la définition d'une liaison covalente et la représentation de Lewis.

3- Voici la formule de l'urée :



- Quels types de liaisons rencontre-t-on dans cette molécule ?

- Compléter la représentation de Lewis de cette molécule en mentionnant les doublets libres.

- Donner la formule brute de l'urée.

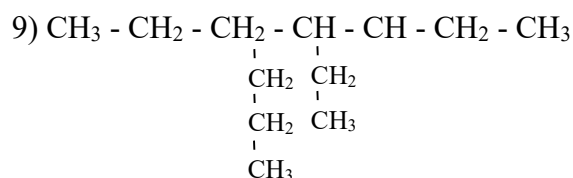
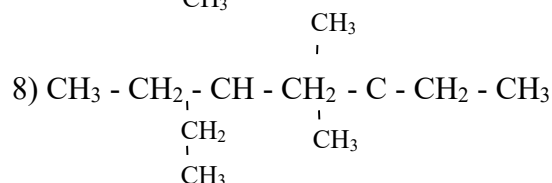
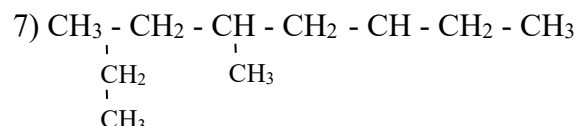
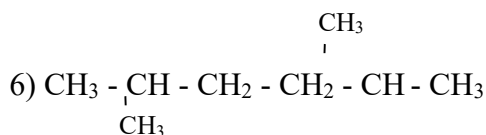
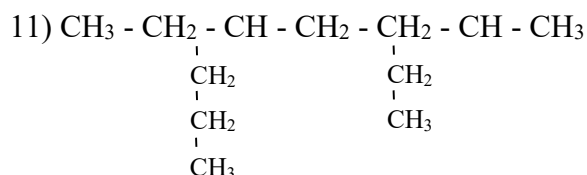
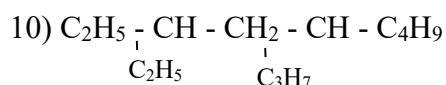
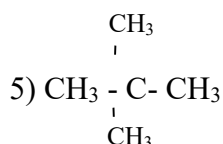
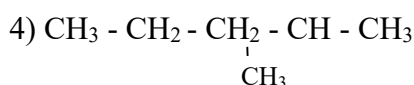
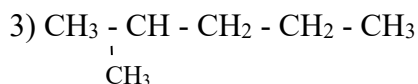
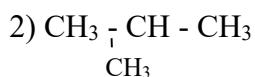
4- En faisant appel aux représentations de Lewis des molécules, compléter le tableau suivant :

Atome	Nom de la molécule	Formule brute	Structure électronique des atomes	Dénombrement des doublets			Formule de Lewis
				total	liants	non liants	
Carbone	Méthane						
Hydrogène	Dihydrogène						
Oxygène	Dioxygène						
Azote	Ammoniac						
Chlore	Dichlore						

I – INTRODUCTION A LA CHIMIE ORGANIQUE

II – LES ALCANES

Exercice 1 : Donner la formule brute et le nom des molécules suivantes :



Exercice 2 : Donner la formule brute et la formule semi-développée des molécules suivantes :

1) octane

2) cyclohexane

3) 3-éthylpentane

4) 2,2,3 - triméthylbutane

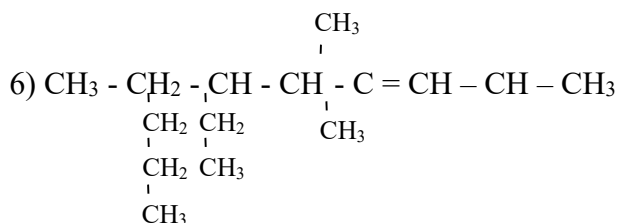
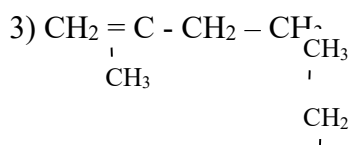
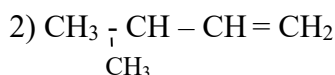
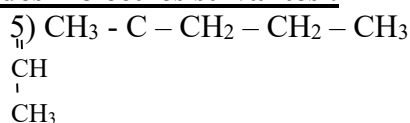
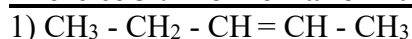
5) méthylbutane

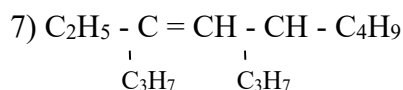
6) 4-éthyl-3,3-diméthylheptane

8, 10, 11, 13, 16, 17 p 149 à 151

II - LES ALCENES

Exercice 3 : Donner la formule brute et le nom des molécules suivantes :





Exercice 4 : Donner la formule brute et la formule semi-développée des molécules suivantes :

1) méthylpropène

2) 3-éthylpent-2-ène

3) 5-éthyl-2-méthylhept-3-ène

4) 2,2,3-triméthylhex-3-ène

LA CHIMIE ORGANIQUE

I LA CHIMIE ORGANIQUE.

Le carbone est peu abondant dans l'univers, mais concentré dans la matière vivante d'origine animale ou végétale.

La chimie est divisée en deux branches : la chimie organique et la chimie minérale.

Par définition, les composés organiques contiennent tous du carbone C. De nos jours, la chimie organique est donc la chimie des composés du carbone (mis à part le carbone lui-même, CO, CO₂, les carbonates, etc., qui ont tous un caractère minéral).

Jusqu'au XIX^e siècle, la chimie organique étudiait les substances élaborées par les êtres vivants ainsi que les corps résultant de leurs transformations. Leur synthèse semblait impossible, malgré de nombreux efforts.

En 1828, Wöhler réussit l'impossible: il synthétisa l'urée. Mais c'est vers le milieu du XIX^e siècle que ces synthèses se multiplient sous l'impulsion de Marcellin Berthelot.

II : LE CYCLE DU CARBONE

L'origine du carbone est le dioxyde de carbone de l'atmosphère qui, réagissant avec l'eau, est transformé en glucide par synthèse chlorophyllienne par les plantes :

Les animaux, en mangeant les plantes, assimilent le carbone et le rejettent ensuite dans l'atmosphère par leur respiration, par leur déjection, par leur cadavre : c'est le cycle du carbone.

III L'ATOME DE CARBONE ET SES COMPOSÉS.

L'atome de base est l'atome de carbone. Il possède 4 e⁻ sur sa couche externe, il peut donc établir quatre liaisons covalentes (mise en commun d'électrons pour former des doublets liants) avec d'autres atomes : on dit qu'il est tétravalent.

Dans toute molécule organique on a des atomes de carbone liés les uns aux autres : on a une chaîne carbonée. Mais il est bien évident qu'il y a d'autres sortes d'atomes.

Il y a des composés formés d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène : on les appelle les hydrocarbures. C'est le cas des combustibles.

Il y a des liaisons simples C - C de 154 pm, des liaisons doubles C = C de 134 pm, des liaisons C - H de 110 pm

On peut aussi avoir, en plus de ces deux sortes d'atomes, des atomes d'oxygène ou des atomes d'azote. Suivant leur composition, ces composés forment des familles.

LES ALCANES

Ce sont des hydrocarbures, constituants essentiels des pétroles et du gaz naturel. Il n'y a que des simples liaisons.

I : LE MÉTHANE

La molécule la plus simple est celle formée d'un atome de C entouré par quatre atomes de H. Sa formule brute est donc CH₄. C'est le méthane, constituant essentiel du gaz naturel.

Longueur des C-H : 110 pm (1 pm = 10⁻¹² m) ; Angle HCH : 109°28'.

Sa formule développée est ci-contre. Elle n'indique que la nature et le nombre de liaisons.

Les quatre liaisons C - H , disposées à 109° sont des liaisons dirigées. Le carbone est tétragonal.
Les quatre H ayant des positions similaires, sont dits équivalents.

II : LES PREMIERS ALCANES

Un atome de C peut se lier à un autre C, on a une liaison de covalence C - C, par mise en commun de deux électrons. Des enchaînements de C peuvent donc se constituer.

Le deuxième terme de cette famille a sa molécule formée de deux atomes de carbone liés entre eux. Chacun a donc trois liaisons avec un atome d'hydrogène.

Sa formule brute est C_2H_6 , c'est l'éthane.

Sa formule développée est ci-contre.

Sa formule semi-développée est . Elle n'indique que les liaisons carbone-carbone, c'est-à-dire la structure de la chaîne, c'est la formule la plus utilisée.

Angle HCH = 109° ; C-H = 110 pm ; C-C = 154 pm

Les suivants :

Propane : C_3H_8 ;

Butane : C_4H_{10} ;

III : ISOMÉRIE DE CONSTITUTION

On peut fabriquer 2 molécules de formule brute C_4H_{10} mais de formules développées différentes : ce sont des isomères du butane. Le premier a une chaîne carbonée droite alors qu'elle est ramifiée pour le deuxième :

Deux composés sont isomères s'ils ont la même formule brute, mais des formules développées différentes. Ils ont des propriétés physiques différentes et des propriétés chimiques très voisines.

IV : NOMENCLATURE

Ensuite on a le pentane, l'hexane, heptane, octane, etc. La formule générale des alcanes est C_nH_{2n+2}

Toutes les liaisons sont simples : on dit qu'on a des hydrocarbures saturés.

Terminaison : en ane

Alcanes à chaîne linéaire : les quatre premiers ont un nom usuel, le nom des suivants est composé d'un préfixe indiquant le nombre de C (pent, hex, hept, oct), suivi de la terminaison ane.

On peut écrire les alcanes sous la forme R - H, R représentant un groupe formé d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène.

Le premier est $CH_3 -$, c'est le groupe méthyle. Le suivant est $CH_3 - CH_2 -$, c'est le groupe éthyle. On voit donc que l'on remplace ane par yle

Alcanes à chaîne ramifiée : on cherche la chaîne carbonée la plus longue, l'alcane ramifié est considéré comme un dérivé de cet alcane linéaire.

Ce qui est attaché à cette chaîne s'appelle des groupes alkyles. On indique leur place par un indice de position. Celui-ci est obtenu par numération des C de la chaîne principale, en partant du bout qui donne le plus petit numéro.

Exemples : 2-méthylpropane, 2,2-diméthylpentane, 5-éthyl-3-méthyl-octane.

V : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les quatre premiers sont gazeux, les douze suivants liquides dans les conditions normales.

Densité : entre 0,6 et 0,8 donc danger des incendies qui ne sont pas éteints par l'eau.

Les ramifiés ont une température d'ébullition inférieure à celle de l'alcane linéaire de même nombre de C (méthylpropane, $-10^\circ C$, butane $-0,5^\circ C$, propane $-42^\circ C$).

Solubilité : insolubles dans l'eau mais miscibles à la plupart des autres solvants organiques. Très solubles les uns dans les autres.

LES ALCÈNES

Ce sont des hydrocarbures possédant une liaison double carbone-carbone.

I : L'ÉTHYLÈNE

Éthylène ou éthène. Sa formule brute est C_2H_4 . On a donc une double liaison entre les deux carbones. Sa formule développée est :

C - H = 110 pm, C = C = 134 pm, angles HCH et HCC = 120°

La molécule est rigide et plane.

II : LES ALCÈNES

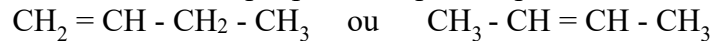
La formule générale des alcènes est C_nH_{2n} . Ce sont des composés insaturés car leur molécule contient une double liaison.

Le deuxième, le propène, est souvent appelé le propylène : C_3H_6 $CH_3 - CH = CH_2$

A partir du butène il y a possibilité d'isomérisation.

III : ISOMERIES

a) L'isomérisation de constitution : la liaison multiple peut occuper des positions différentes



Le premier s'appelle le but-1-ène, le deuxième, le but-2-ène.

b) La stéréoisomérisation : la position des atomes dans l'espace est différente. Cela est dû à ce que la libre rotation est impossible autour de C = C. Cette isomérisation se présente pour le but-2-ène :

Les groupes CH_3 sont du même côté (Z-but-2-ène) ou un de chaque côté de la chaîne principale (E-but-2-ène). Ce sont des stéréoisomères.

IV : NOMENCLATURE

Chaîne linéaire : la terminaison ène remplace la terminaison ane. La position de la double liaison est donnée par le numéro du premier atome de C doublement lié, la chaîne est numérotée de telle façon à attribuer le plus petit numéro à cette double liaison. Ce nombre est indiqué avant la terminaison ène.

Chaîne ramifiée : On cherche la chaîne carbonée la plus longue qui contient la double liaison. Elle donne son nom à l'alcène. Les groupes substituant sont nommés avec leur indice.

$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ s'appelle le but-1-ène.

$CH_3 - CH = CH - CH_3$ s'appelle le but-2-ène.

s'appelle le 4-méthylhex-2-ène

Les stéréoisomères : si les groupes méthyles sont de part et d'autre de la double liaison, c'est le stéréoisomère E, s'ils sont du même côté c'est le stéréoisomère Z.

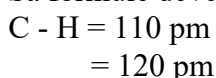
LES AUTRES FAMILLES

I : LES ALCYNES.

Ce sont des hydrocarbures à chaîne ouverte ayant une liaison triple entre deux carbones de la chaîne principale.

Le premier est l'acétylène ou éthyne de formule brute C_2H_2 .

Sa formule développée est



La structure est linéaire, les deux carbones sont digonaux.

La libre rotation n'est pas possible, mais la molécule étant linéaire l'isomérisation Z et E n'existe pas. Il n'y a que l'isomérisation de chaîne et l'isomérisation de position.

Leur formule générale est C_nH_{2n-2} . La terminaison de leurs noms est yne. La formation du nom est identique à celle des alcènes.

II : LES CYCLANES

Si la chaîne carbonée à simples liaisons est fermée, on a ce qu'on appelle un cyclane. Il faut que n soit égal ou plus grand que 3. La molécule n'est pas plane, la conformation étant comprise entre deux conformations extrêmes : bateau et chaise.

C_6H_{12} : cyclohexane

III : LES AROMATIQUES.

Ce sont des composés insaturés dont la chaîne carbonée est cyclique.

Le plus simple de ces composés est le benzène de formule brute C_6H_6 .

Les six électrons non engagés des atomes de carbone sont mis en commun pour former une liaison "collective" entre les six atomes de carbone du cycle. Cette liaison confère une grande stabilité au cycle.

L'ensemble des six atomes de carbone ainsi liés s'appelle le noyau benzénique ou noyau aromatique.

Les dérivés du benzène sont obtenus en substituant un ou plusieurs atomes H par d'autres atomes (par exemple Cl) ou par des radicaux R (par exemple - CH_3).

Souvent on représente le cycle par :

chlorobenzène

méthylbenzène ou toluène : un H du cycle a été remplacé par le radical CH_3 . On pourrait écrire $C_6H_5 - CH_3$.

phénol

phényléthylène ou

styrène.

Tous ces composés
produit de base de

présentent de très nombreuses applications et le benzène est un
la pétrochimie mais c'est un produit dangereux (cancérigène).

IV : LES

DIFFERENTES FONCTIONS.

L'atome d'oxygène est divalent. Il va donc former :

- soit deux liaisons simples formant un angle voisin de 105° .

- soit une liaison double avec un atome de carbone.

a) Les alcools.

On appelle alcool tout composé organique dont la formule possède le groupe C - OH.

OH est le groupe hydroxyle : - O - H.

Formule générale : R - OH

Le nom d'un alcool se termine par ol. On numérote les carbones de la chaîne carbonée la plus longue incluant le carbone portant le groupe hydroxyle de telle façon que ce carbone ait le plus petit numéro.

$CH_3 - CH_2 - OH$ éthanol C_2H_5OH

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$ propan-1-ol

$CH_3 - CHOH - CH_3$ propan-2-ol

3-méthylbutan-1-ol

b) Les acides carboxyliques.

On appelle acide carboxylique tout composé organique dont la formule comprend le groupe

Les acides carboxyliques ont pour formule générale R - COOH.

Leur nom est obtenu en remplaçant le e de la terminaison ane de l'alcane correspondant par oïque. Pour les ramifications, on numérote les carbones à partir du groupe carboxylique, le carbone de ce groupe portant le numéro 1.

H - COOH acide méthanoïque.

CH₃ - CH₂ - COOH acide propanoïque.

acide 2-méthylpropanoïque.

c) Les amines.

On appelle amine tout composé organique dont la formule comprend le groupe :

La formule générale d'une amine est : R - NH₂.

CH₃ - NH₂ méthylamine ou aminométhane.

LES DIFFERENTES REACTIONS

I : RÉACTIONS DE DESTRUCTION

Dans une réaction de destruction; le squelette carboné de la molécule est complètement détruit. Les réactions de combustion sont des réactions de destruction.

Combustion du méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 890 \text{ kJ}$

propane : $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\,000 \text{ kJ}$

butane : $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + 2\,600 \text{ kJ}$

de l'acétylène : $\text{C}_2\text{H}_2 + 5/2 \text{ O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

On peut aussi avoir destruction par le chlore : $\text{CH}_4 + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{C} + 4\text{HCl}$

II : RÉACTIONS DE SUBSTITUTION

Ce sont des réactions qui intéressent les alcanes et les composés aromatiques. On a le remplacement d'un atome d'hydrogène par un atome d'une autre sorte ou par un groupe d'atomes.

Il est très difficile d'avoir ce type de réaction avec les composés insaturés.

Des réactions intéressantes sont celles avec le dichlore :

$\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ CH₃ Cl : monochlorométhane.

$\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{HCl}$ CH₂Cl₂ : dichlorométhane.

$\text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_3 + \text{HCl}$ CHCl₃ : trichlorométhane (chloroforme)

$\text{CHCl}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + \text{HCl}$ CCl₄ : tétrachlorométhane.

On part d'un mélange de 1 volume de méthane et 1 volume de dichlore dans une éprouvette renversée sur une cuve d'eau salée (le dichlore ne s'y dissout pas). A la lumière diffuse, l'eau salée monte dans le tube, la couleur jaune-verdâtre du dichlore disparaît et sur les parois se forment des gouttelettes d'aspect huileux, le pH de l'eau salée diminue.

On a une réaction similaire avec le brome. Avec le fluor, on a une réaction de destruction, ainsi qu'avec le chlore sous lumière intense.

III: REACTIONS D'ADDITION

Leur double liaison permet aux alcènes de présenter des réactions particulières : les réactions d'addition.

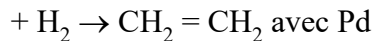
La double liaison s'ouvre et des atomes ou des groupes d'atomes peuvent venir s'accrocher.

a) Hydrogénation :

Elles nécessitent l'emploi d'un catalyseur divisé (nickel, platine, palladium...), c'est-à-dire d'une substance qui favorise la réaction mais que l'on retrouve à la fin.

$\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_3$ avec Ni

On passe d'un insaturé à un saturé.

**b) Halogénéation :**

Ce produit est très important industriellement car il sert à la préparation du chlorure de vinyle (chloroéthylène) $CHCl = CH_2$, qui lui-même sert à préparer le polychlorure de vinyle (le groupe $-CH = CH_2$ s'appelle éthényle ou vinyle).

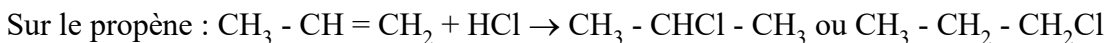
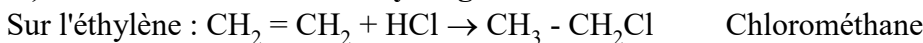
c) Hydratation :

On obtient des alcools.

Sur l'éthylène, il faut comme catalyseur l'acide sulfurique et le produit obtenu est l'éthanol. C'est une réaction qui a un intérêt industriel.



Sur le propène : $CH_3 - CH = CH_2 + H - OH \rightarrow CH_3 - CHOH - CH_3$ propan-2-ol.

d) Addition du chlorure d'hydrogène :

Le premier corps s'appelle le 2-chloropropane et le second le 1-chloropropane. Il se forme majoritairement du 1-chloropropane.



Cette réaction se poursuit :

**IV : RÉACTIONS DE POLYMÉRISATION**

Pour fabriquer les macromolécules, c'est-à-dire une molécule formée de plusieurs milliers d'atomes, plusieurs types de réactions sont possibles mais elles reposent toutes sur le même principe : accrocher des "petites" molécules ensemble.

La polyaddition est l'addition les unes aux autres de molécules insaturées identiques, les liaisons multiples s'ouvrant.

La molécule de base s'appelle le monomère, la macromolécule obtenue, le polymère.

Comment faire avec des molécules saturées? Il faut obligatoirement deux sortes de molécules présentant des groupes fonctionnels différents, chaque sorte de molécules en ayant au moins deux, ces groupes réagissant ensemble. La réaction se fait avec élimination d'une petite molécule (eau, chlorure d'hydrogène, etc.), on l'appelle une polycondensation.

Ces deux réactions s'appellent des réactions de polymérisation.

a) Le polyéthylène :

Produit de base : l'éthylène. C'est le monomère $CH_2 = CH_2$.

Produit fini : polyéthylène (PE). C'est le polymère. $(-CH_2 - CH_2 -)_n$

La chaîne s'arrête par H, OH, Cl mais cela n'a aucune importance.

Il fut découvert en 1933. Suivant le procédé utilisé (il y en a deux), on obtient deux sortes de polyéthylène.

Procédé haute pression: l'éthylène est comprimé jusqu'à 1000 à 2000 bars. Le produit obtenu a un degré de polymérisation de 1 000 (nombre de monomères dans la macromolécule) et une masse volumique de 920 kg.m^{-3} : c'est le polyéthylène basse densité (PEBd). Ceci est dû au fait que l'on a des chaînes ramifiées et que donc, les chaînes principales sont peu serrées. Il ramollit à 85°C . On en fait des emballages, des films, des sacs, des ustensiles de ménage car il est souple.

Procédé basse pression : la pression est de quelques dizaines de bars. Son degré de polymérisation est de 15 000 à 20 000. Sa masse volumique est égale 980 kg.m^{-3} , les chaînes sont linéaires. Il fond à 420°C . C'est le polyéthylène haute densité (PEHd). On en fait des casiers, des flacons, des bidons et des planches à voiles car il est plus rigide que le PEBd et opaque.

b) Le polystyrène :

Monomère: le styrène ou phényléthylène.

Polymère: le polystyrène (PS).

C'est un excellent isolant. On en fait des jouets, des emballages. On peut aussi le manufacturer sous forme de mousses rigides, renfermant jusqu'à 98 % d'air (polystyrène expansé: PSE): on s'en sert comme isolant thermique dans l'industrie du bâtiment.

c) Le polychlorure de vinyle :

Monomère: le chlorure de vinyle ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$).

Polymère: le polychlorure de vinyle (PVC) $(-\text{CH}_2 - \text{CHCl}-)_n$

Suivant le type de polymérisation, on obtient des résines de caractéristiques différentes. Rigides, on en fait des tuyaux, des gouttières, des bouteilles, des emballages. Souples, on en fait du simili-cuir, des revêtements de sols.

d) une polycondensation : le nylon

Monomères: le diamino-1,6 hexane (hexaméthylène diamine) $\text{NH}_2 - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$ et l'acide adipique $\text{OH} - \text{CO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} - \text{OH}$

Polymère : le nylon $(-\text{CO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}-)_n$

C'est un polyamide. La réaction se fait avec élimination d'eau (un H venant de la diamine et OH de l'acide).

LA PÉTROCHIMIE

I : BUT DU RAFFINAGE

Un pétrole est toujours majoritairement constitué d'hydrocarbures et, parmi ceux-ci, les alcanes sont les composés prépondérants (jusqu'à quarante atomes de carbone). On y trouve aussi des cyclanes, des aromatiques, des produits soufrés, azotés, oxygénés en quantité variable suivant le gisement.

Il va donc falloir séparer ces divers produits (distillation), les transformer chimiquement (craquage et reformage), les purifier (raffinage proprement dit) pour obtenir des produits utilisables.

Toutes ces opérations se font dans les raffineries et l'ensemble est appelé le raffinage.

II : LA DISTILLATION FRACTIONNÉE

But: séparer les hydrocarbures les uns des autres.

Principe: utiliser le fait que tous les hydrocarbures ne passent pas tous à l'état gazeux à la même température.

Un hydrocarbure est d'autant plus volatil que sa masse molaire est faible (nombre d'atomes de carbone petit). On récupère les différents produits à des étages différents, le moins volatil en bas, le plus volatil en haut.

Industriellement, cette distillation se fait dans une tour de 40 à 60 mètres de hauteur, comportant jusqu'à 50 plateaux. On chauffe dans le four le brut à 380°C et on l'envoie dans la tour où règne une pression égale à la pression atmosphérique: c'est la distillation atmosphérique. Les produits récoltés aux différents étages sont des mélanges de propriétés voisines, on les appelle des coupes.

Le résidu atmosphérique peut être redistillé sous une pression réduite, environ 1/15 d'atmosphère ce qui permet d'abaisser les températures d'ébullition (si on le portait à une température plus grande, il y aurait risque de détérioration des molécules). On le chauffe à 400°C avant de l'envoyer dans le distillateur.

Par contre la fraction légère que l'on récupère en haut de colonne est redistillée sous haute pression.

Après toutes ces distillations, on obtient les produits, ou coupes, suivants:

- Les gaz: pour le chauffage domestique et le gaz de pétrole liquéfié GPL.
- Le naphta: pour les solvants divers et les carburants d'automobile.
- Le kérosène et les pétroles lampants: pour les carburants d'aviation.
- Le gazole: pour le fioul domestique et le gazole pour les moteurs diesels.
- Les produits à craquer: pour obtenir des produits plus légers.
- Les huiles: pour les lubrifiants.
- Les fiouls lourds: pour les centrales thermiques.
- Les paraffines et brai de pétrole: pour le bitume.

Les coupes obtenues ne couvrent pas nos besoins, c'est pourquoi certaines coupes sont traitées par craquage ou reformage.

III : LE CRAQUAGE

Le craquage a pour but de casser les chaînes pour en faire des plus courtes. Pour cela on fait agir la température (500°C), la pression (légèrement supérieure à la pression atmosphérique) et des catalyseurs (alumino-silicates): c'est le craquage catalytique. On l'applique aux produits à craquer et aux fiouls lourds

pour fabriquer les carburants d'automobiles (les essences obtenues ont un indice d'octane élevé, on les mélange avec les essences de distillation). Par ce craquage on obtient aussi du propane, du butane et des alcènes utilisés comme produits de base en pétrochimie.

Le vapocraquage (craquage en présence de vapeur d'eau, pression proche de la pression atmosphérique et sans catalyseur) a pour but de fournir à la pétrochimie les matières de base.

IV : LE REFORMAGE

Ce procédé permet de transformer profondément la structure des molécules en conservant le même nombre d'atomes de carbone. Il se pratique vers 500°C, à des pressions de l'ordre de 30 bars et en présence de catalyseurs complexes contenant du platine et des oxydes tels que Al_2O_3 et Cr_2O_3 . On fait souvent subir l'opération de reformage aux naphthas de façon à obtenir des essences de qualité (carbures ramifiés et aromatiques).